

Internet stvari

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU



Diplomski studij Računarstvo

Znanost o mrežama Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi

Računalno inženjerstvo

Informacijska i komunikacijska tehnologija

Automatika i robotika

Informacijsko i komunikacijsko inženjerstvo

Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Audiotehnologije i elektroakustika Elektroenergetika

(Izborni predmet profila)

9. IoT-platforme i korištenje resursa na rubu mreže

Ak. god. 2022./2023.

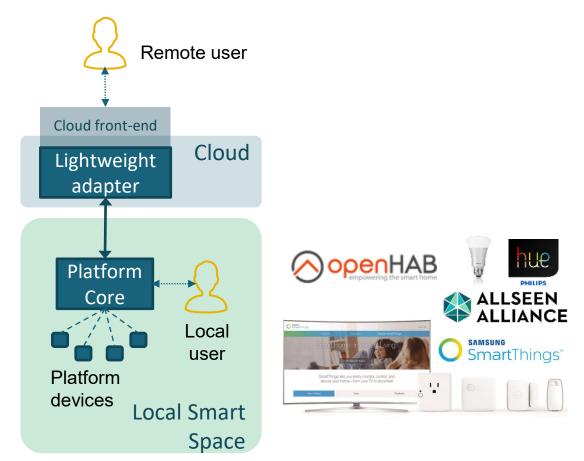
Internet stvari

Sadržaj

- Lokalne programske platforme za IoT
- Računarstvo na rubu mreže
- Orkestracija usluga i primjene



Lokalne platforme za IoT



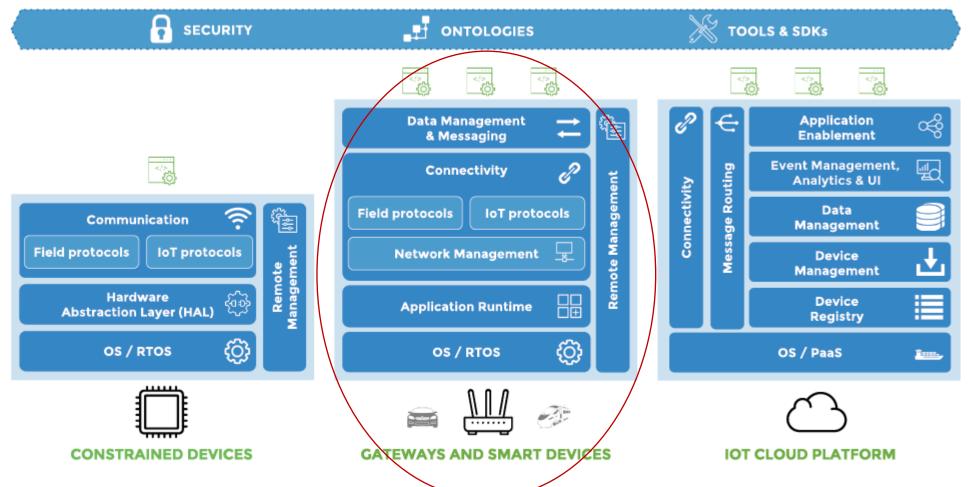
Fully local platform

Upravljanje uređajima seli se iz računalnog oblaka na prilazni uređaj (GW)

- tipično uređaji kategorije 2 koji implementiraju puni IP stack
- može se koristiti i poslužitelj u pametnom prostoru
- direktna interakcija aplikacije i platforme u pametnom prostoru (nije putem javnog Interneta)
- "lightweight adapter" npr.
 https://ngrok.com/ (reverse proxy)



Eclipse Software Stacks for IoT Architectures

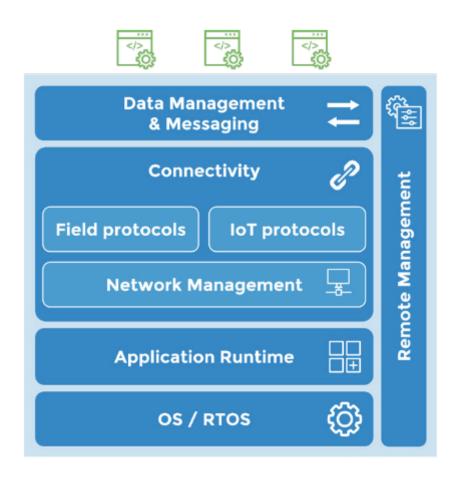


Izvor:

Eclipse.org whitepaper [1]



Software stack for GW



Platform Core: minimalni skup funkcionalnosti, ovisi i o tome na kojoj vrsti uređaja se izvodi

- Operating System obično OS opće namjene kao što je Linux
- Application Container or Runtime Environment prilaz često ima mogućnost pokretanja aplikacijskog koda i dinamičkog ažuriranja aplikacija. Na primjer, prilaz može imati podršku za Javu, Python ili Node.js
- Communication and Connectivity prilaz mora podržavati različite protokole za povezivanje s uređajima (npr. Bluetooth, Wi-Fi, Z-Wave, ZigBee, Thread). Prilazi također trebaju biti povezani na Internet (npr. Ethernet, Wi-Fi) i osigurati pouzdanost, sigurnost i povjerljivost komunikacije.
- Data Management & Messaging lokalna pohrana i obrada podataka, mogućnost izvanmrežnog načina rada i obrade u stvarnom vremenu na rubu, postoji i mogućnosti prosljeđivanja podataka prema cloud platformi (podrška za protokole MQTT, CoAP, itd.)
- Remote Management mogućnost daljinskog postavljanja, konfiguriranja, pokretanja/gašenja prilaza kao i aplikacija koje se izvode na prilazima

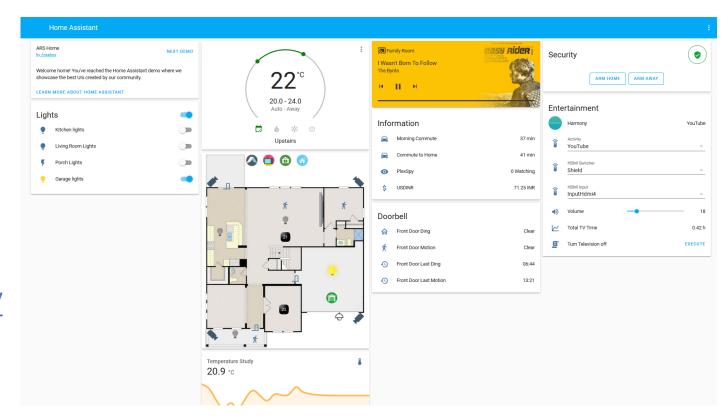
Primjeri lokalnih platformi

- Home Assistant: https://www.home-assistant.io/
- openHAB: https://www.openhab.org/
 - Eclipse SmartHome, https://eclipse.org/smarthome
- Eclipse Kura: https://eclipse.org/kura
- EdgeX: https://www.edgexfoundry.org/
- Node-RED: https://nodered.org/ (nije platforma, flow-based programming tool)



Home Assistant

- platforma otvorenog koda za upravljanje uređajima u domu, pisan u Pythonu
- praktično korisničko sučelje, moguće definirati aktuaciju i uvjete izvođenja
- auto-discovery: traži lokalne uređaje (WiFi, Zigbee ili Z-Wave)
- Jednostavna instalacija na RPi (HassBian -Home Assistant Operating System ili Home Assistant container) https://www.home-assistant.io/installation/
- Podržava različite protokole i uređaje https://www.home-assistant.io/integrations/
- Koristi jezik YAML za konfiguraciju, za više informacija https://www.home-assistant.io/docs/configuration/yaml/



Pojmovi koje koristi Home Assistant

- Actions: A sequence of Home Assistant commands that can be fired as a response to a trigger, once all conditions have been met.
- Add-ons: Provide additional, standalone, applications that can run beside Home Assistant. They can be integrated into Home Assistant using integrations. Examples of add-ons are an MQTT broker, a database service, or a file server.
- Automation: Offers the capability to call a service based on a simple or complex trigger. Automation allows a condition such as a sunset to cause an event, such as a light turning on.
- **Binary sensors**: Return information about things that only have two states—such as on or off.
- Conditions: An optional part of an automation that will prevent an action from firing if they are not met.

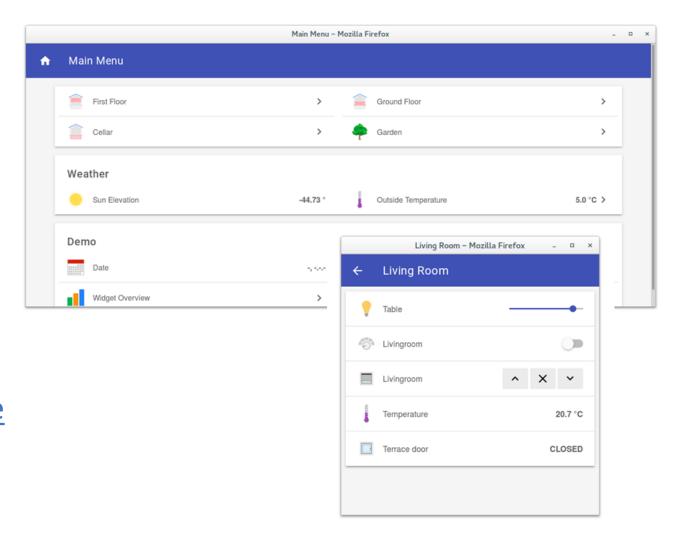
- Entities: The representation of a function of a single device, unit, or web service. There may be multiple entities for a single device, unit, or web service, or there may be only one.
- Domains: Entities and services belong to a domain, which is the first part of the entity or service, before the "." For example, light.kitchen is an entity in the light domain, whereas homeassistant.turn_on is the turn_on service for the homeassistant domain.
- Groups: A way to organize your entities into a single unit.
- Integration: Provides the core logic for the functionality in Home Assistant—for instance, notify provides support for delivering notifications.
- **Triggers**: A set of values or conditions of a platform that are defined to cause an automation to run.
- **Services**: Called to perform actions.

Izvor: Rishabh Jain, Advanced Home Automation Using Raspberry Pi, Apress Berkeley, CA, 2021



openHAB

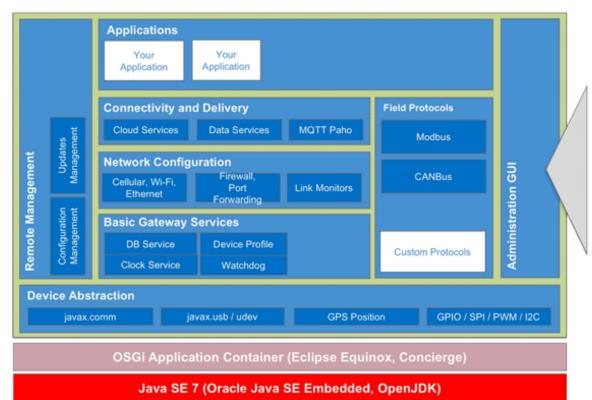
- platforma otvorenog koda za upravljanje domom, predstavlja centralni sustav pametnog prostora
- Jednostavna instalacija na Rpi (openHABian ili kontejner)
- Podržava različite protokole i uređaje https://www.openhab.org/addons/
- Objašnjenje osnovnih koncepata: <u>https://www.openhab.org/docs/concepts/</u>



Eclipse Kura

https://www.eclipse.org/kura/

- Communication & Connectivity: APIs to interface with the gateway I/Os (e.g. Serial, RS-485, BLE, GPIO, etc.) and support for many field protocols that can be used to connect to devices, e.g MODBUS, CAN bus, etc.
- Network Management: networking and routing capabilities over a wide-range of interfaces (cellular, Wi-Fi, Ethernet, etc.)
- Data management & Messaging: implements a native MQTT-based messaging solution
- Remote management: remote management solution based on the MQTT protocol, that allows to monitor the overall health of an IoT gateway, in addition to control (install, update, modify settings) the software it is running.

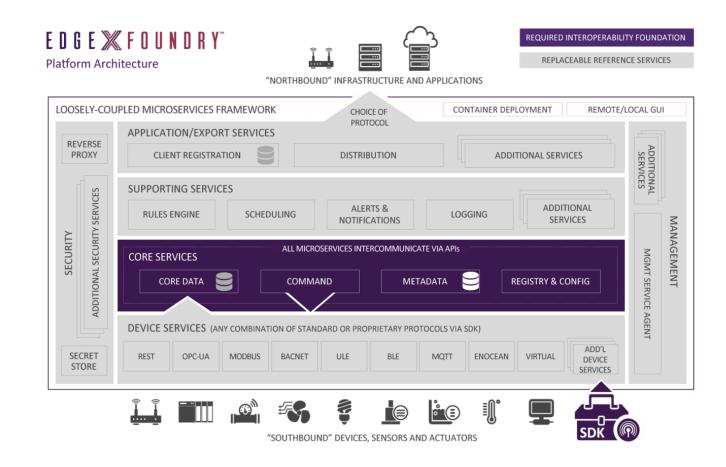


System
Status
Device
Firewall
Firewall
Settings
Services
ClockService
DataService
MqttDataTransport
SistManagerService
WatchdogService
WatchdogService

EdgeX

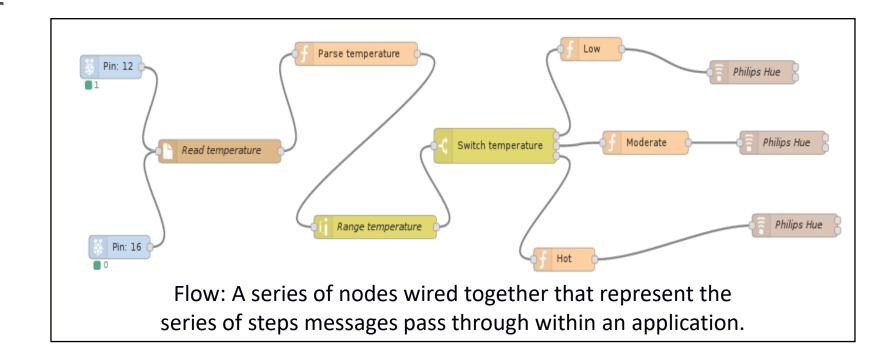
https://www.edgexfoundry.org/

- "Vendor-neutral, open source, loosely-coupled microservices framework"
- Linux Foundation
- mikroservisi pisani u programskom jeziku Go
- obavezni servisi istaknuti su ljubičasto na slici arhitekture



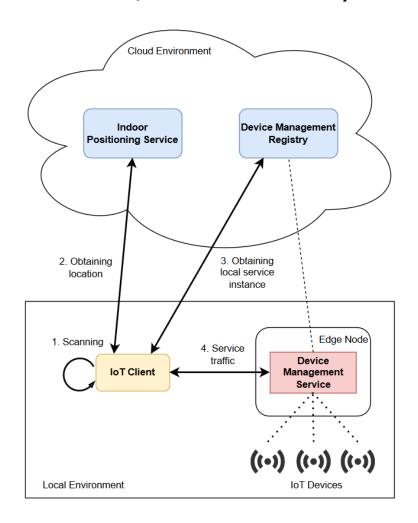
Node-RED

- "a visual wiring tool for the Internet of Things"
- Napisan u JS-u, koristi platformu Node.js
- Temelji se na konceptu
 Flow-based
 Programming
- Instalacija na računalo, RPi, BeagleBone bord, etc.



Runtime: This includes a Node.js application runtime. It is responsible for running the deployed flows.

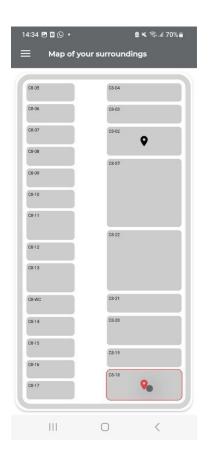
CampusSphere: rješenje za upravljanje uređajima razvijeno u IoTLab-u (smart office/smart home)

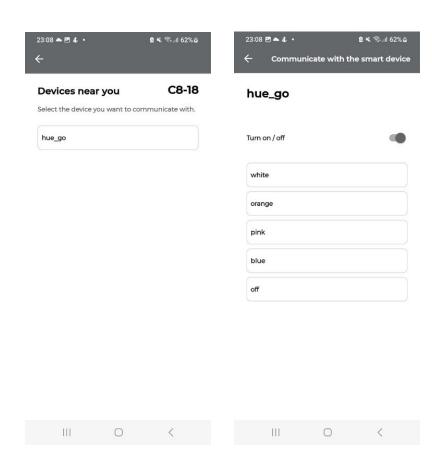


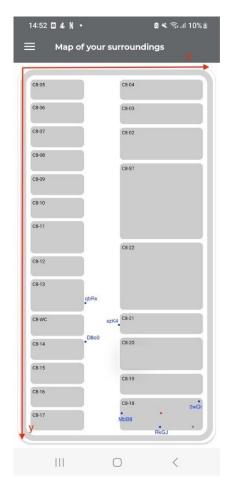
- Koristi više instanci Home Assistant za upravljanje uređajima u pametnim prostorima
- Korisničke role definiraju pravila pristupa i upravljanja uređajima u neposrednoj okolini (pametni prostor oko mene) – definirano koristeći NodeRED
- Lociranje korisnika u unutarnjem prostoru: BLE i WiFi
- Tlocrt prostora definiran u formatu Indoor Mapping Data Format (IMDF)
- Rezultat 3 diplomska rada, 2 završna rada, 1 dipl projekt (i rektorova nagrada :-)



CampusSphere: rješenje za upravljanje uređajima razvijeno u loTLab-u (smart office/smart home)







Konfiguracija
pametnog
prostora: lokacije
tagova BLE i
pristupnih točaka
WiFi, preciznost
unutar nekoliko
metara, ispod
metra u idealnom
scenariju



Internet stvari

Usporedba lokalnih i cloud platformi

- Uporedba prema sljedećem
 - 1. Broj korisnika skalabilnost
 - 2. Pristup javnom Internetu
 - 3. Generirani promet u javnom Internetu
 - 4. Podržani protokoli
 - 5. Sigurnosni rizici



Ograničenja cloud-platformi

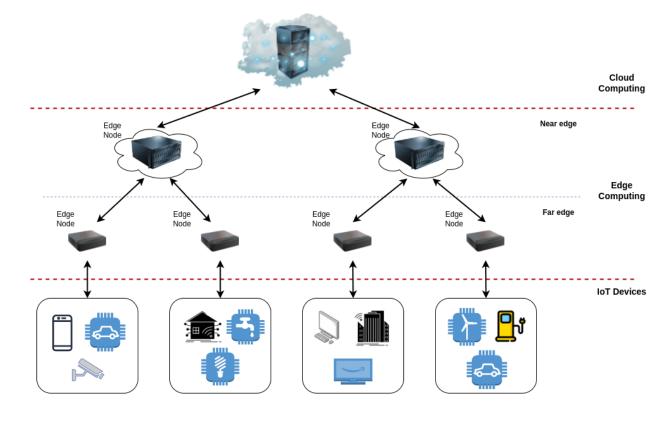
Neke IoT-aplikacije i područja primjene zahtijevaju značajne računalne resurse za obradu podataka iz pametnih okolina (npr. agregacija podataka, strojno učenje, itd.), ali IoT-platforme u računalom oblaku nisu pogodne za sve slučajeve uporabe iz sljedećih razloga:

- 1. Kašnjenje u prijenosu podataka od uređaja do računalno oblaka i upravljačkih naredbi iz oblaka do uređaja (neke primjene zahtijevaju brzu reakciju)
- 2. Potrebna je kontinuirana povezanost na Internet
- 3. Osjetljivi podaci ne smiju se pohranjivati na računalni oblak
- 4. Uređaji mogu generirati velike količine podataka koje nije moguće ili nema smisla slati u računalni oblak



Računarstvo na rubu mreže

- edge computing: far edge (daleko) vs. near edge (blizu clouda)
- Preraspodjela dijela funkcionalnosti računalnog oblaka na dostupne računalne resurse na rubu mreže
- koristi računalne resurse između oblaka i krajnjih loT-uređaja na putu od uređaja do računalnog oblaka (tzv. "cloud-to-thing computing continuum")
- Obilježja
 - Heterogena okolina
 - Nestabilni čvorovi
 - Česte promjene u mreži





Far edge (tj. fog)

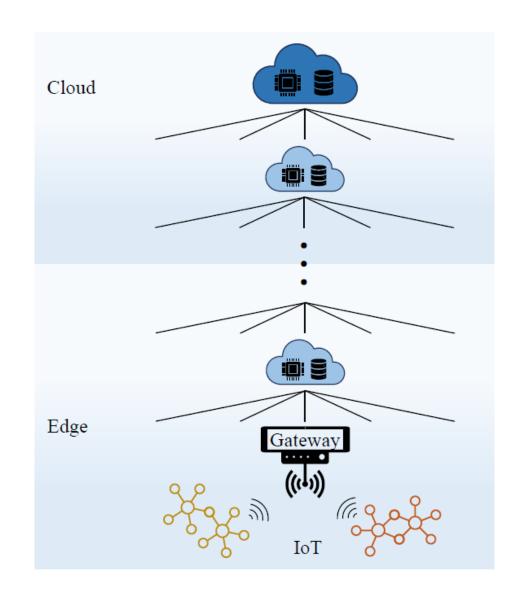
- zadaci se sele iz računalnog oblaka na mrežne elemente i računalne resurse u blizini IoT uređaja (originalni prijedlog još iz 2012, Bonomi)
- obrada na rubu mreže: u blizini IoT uređaja, ali ne na IoT uređajima, već jedan skok do njih
- umjerena dostupnost računalnih resursa (uređaji ograničenih resursa) uz manju potrošnju energije

- omogućuje obradu i prosljeđivanje podataka, upravljanje uređajima te izvođenje pravila uz uvođenje "inteligencije" i praćenje konteksta na uređajima u blizini IoT-uređaja
- prednost: smanjuje vrijeme potrebno za izvođenje usluga i dodatne obrade (ne izvodi se u računalnom oblaku, pa je smanjeno kašnjenje i količina prenesenih podataka u oblak)



Near edge

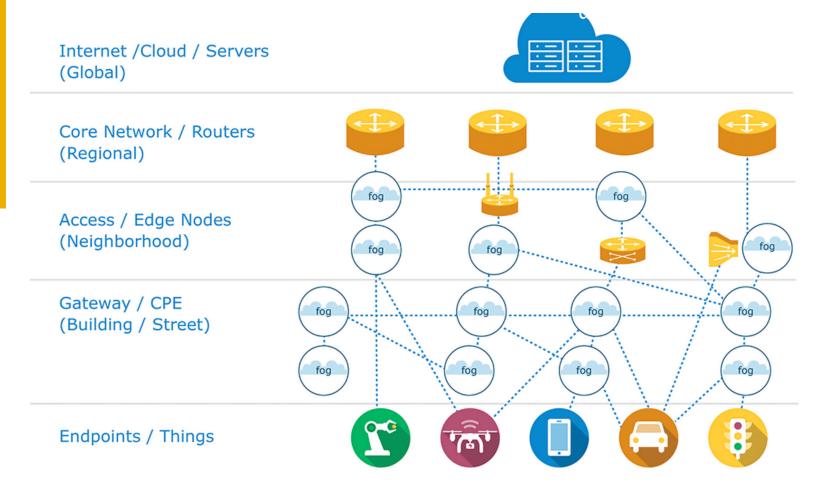
- Koriste se poslužitelji u lokalnoj mreži bliže uređajima, računalni čvorovi s više resursa od onih u far edge-u, npr. lokalni mikro oblak s nekoliko poslužiteljskih rackova,
- Za računalni oblak na gornjem sloju se podrazumijevaju gotovo neograničeni resursi unutar podatkovnih centara (ali i najveća potrošnja energije i najveća mrežna udaljenost od IoTuređaja)
- Prednosti cloud-to-thing computing continuum-a
 - veća sigurnost
 - veća otpornost na ispade
 - smanjeno kašnjenje
 - smanjeni operativni troškovi





Smještaj resursa

Prema OpenFog Consortium-u (standardizacijsko tijelo) koji je u siječnju 2019. je pripojen IIC-ju <u>Industrial Internet Consortium (IIC)</u>



broad range of equipment and networks

cloud-to-thing computing continuum

Svojstva računarstva na rubu mreže

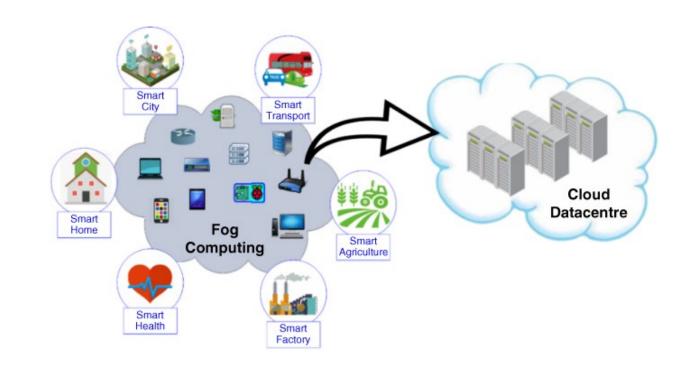
SCALE

- Security: Uređaji u edge-u mogu pružiti bolju zaštitu od napada na IoTuređaje ograničenih resursa
- Cognition: Odluke se mogu donositi u edge-u umjesto u računalnom oblaku (self-adaptation, self-organization, self-healing...)
- Agility: povećava se prilagodljivost pametnog prostora na promjene
- Latency: brza reakcija na događanje, smanjuje se vrijeme odziva
- Efficiency: poboljšana učinkovitost u odnosu na cloud-rješenja jer se obrada podataka i odluke donose u blizini IoT-uređaja (ali onda mogu biti samo lokalnog karaktera)



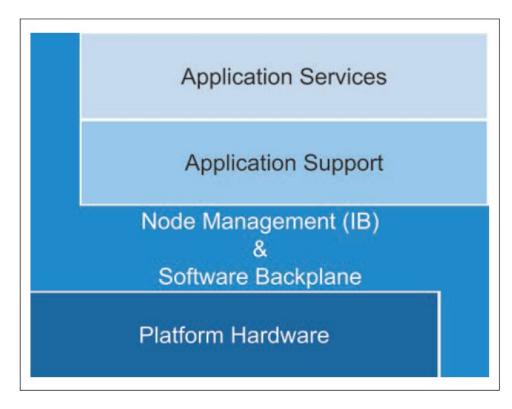
Područja primjene

- Industrial IoT!
- Smart healthcare
- Smart home/building
- Smart traffic
- Smart city
- Smart farming
- Robotics
- Autonomous driving
- Smart energy systems





Arhitektura



OpenFog Reference Architecture

- Platform hardware: fizički hardver za edge uređaje
- The node management and software backplane: sloj je zadužen za upravljanje čvorovima, omogućuje komunikaciju među svim krajnjim točkama u sustavu (npr. prema udaljenom oblaku, rubnim uređajima, ostalim edge uređajima).
- Application support: zbirka mikrousluga koje nisu specifične za aplikaciju. Ovo su generički moduli kao npr. baze podataka, sigurnosni moduli, messaging middleware, etc.
- Application Services: usluge namijenjene aplikacijama, za jednostavnu izradu aplikacija koje koriste edge.

Zašto trebamo edge computing?

Konteksno-svjesne pametne okoline

- Sposobnost okoline da se prilagodi kontekstu (korisnika, mreže i uređaja)
- Kontekst je bilo koja informacija pomoću koje se može karakterizirati situacija nekog entiteta. Entitet je osoba, mjesto ili objekt koji se smatra relevantnim za interakciju između korisnika i okoline.
- Okolina je svjesna konteksta ako koristi kontekst kako bi se prilagodila potrebama korisnika u danome trenutku.

Vrste konteksta

- Korisnički kontekst
 - geografska lokacija
 - profil korisnika (preference i uzorci ponašanja)
- Kontekst uređaja
 - stanje senzora i aktuatora (ovisi o vrsti uređaja)
 - stanje napajanja
 - geografska lokacija
- Mrežni kontekst
 - Vrsta bežične mreže
 - Dostupna širina pojasa, propusnost
 - Adresiranje uređaja



Koje se sve obrade mogu izvoditi u edge-u?

- Predobrada: uključuje filtriranje podataka, pronalaženje pogrešnih očitanja, izdvajanje značajki, transformaciju podataka u prikladniji oblik i dodavanje atributa podacima
- Generiranje upozorenja: kontinuirano praćenje podataka i generiranje upozorenja u slučaju specifičnog očitanja. Najjednostavniji primjer je kada temperatura poraste iznad postavljene granice na senzoru.
- Joins: kombinira više tokova podataka u jedan novi tok.

- Prozor: Kreira se klizeći prozor nad tokom podatka. Prozori se mogu temeljiti na vremenu (na primjer, jedan sat) ili duljini (2000 očitanja senzora). Na primjer, na temelju 10 posljednjih senzorskih očitanja računa se srednja vrijednost ili se može brojati značajna promjena temperature u posljednjem satu i utvrditi da će se kvar pojaviti na nekom stroju.
- Složeni događaji: Slijed događaja predstavlja određeni obrazac od interesa koji je potrebno identificirati unutar klizećeg prozora.
- Strojno učenje: kreiranje modela koji se kasnije koriste za identificiranje specifičnih stanja analizom dolaznih podataka



Tehnologije za *edge*

- Mikroservisi: kolekcija dobro-definiranih usluga, svaka je neovisna. Glavne značajke koje mikroservise čine prikladnima za implementaciju edge-a: implementacija neovisna o jeziku, skalabilnost usluge i bez centraliziranog upravljanja.
- Kontejneri: apstrakcija na razini aplikacije koja pakira kod i sve njegove ovisnosti zajedno tako da se može izvršavati jednako i dosljedno na bilo kojoj infrastrukturi. Kontejnerizacija zahtijeva manje resursa i smanjuje vrijeme pokretanja u usporedbi s virtualizacijom hipervizora. Svojstva: prenosivost i migracija na različite fizičke čvorove.
- Alati za orkestraciju kontejnera automatiziraju implementaciju, upravljanje, skaliranje i umrežavanje kontejnera. Varijante lightweight K8s-a: npr. K3s, Microk8s, KubeEdge, ioFog, etc.

Internet stvari



Orkestracija za edge

- Orkestracija usluga na čvorovima edge-a je potrebna za planiranje, postavljanje i upravljanje uslugama ovom raspodijeljenom okruženju
- IoT-uređaji se pridjeljuju servisima (kojima šalju podatke ili servisi upravljaju uređajima)
- Servisi (kontejnizirani) se izvode na edge čvorovima, moguće iz pokrenuti po potrebi ili migrirati na druge čvorove
- Orkestrator je obično centraliziran, koriste se posebni algoritmi za određivanje optimalnog razmještaja servisa na čvorove kako bi se zadovoljili zahtjevi za kvalitetom usluge (npr. kašnjenje), no treba uzeti u obzir da se uvjeti u okolini kontinuirano mijenjaju

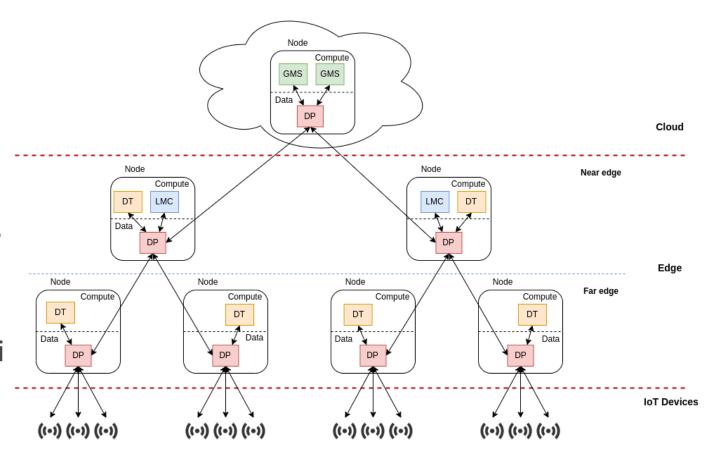
Node Discovery Orchestrator Functionalities Node Management Service Registry Service Scheduling Service Management Service Migration IoT Device Registry



15.05.2023. Internet stvari 27

Primjer primjene: federalno učenje

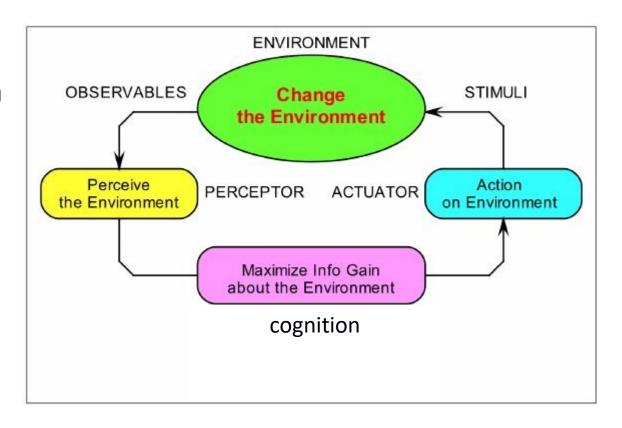
- Raspodijeljeno udruženo učenje (federated learning): lokalni model (LMC) i globalni model (GMS)
- Virtualni blizanac (digital twin, DT), prihvaća podatke i određuje stanje samog uređaja
- Data Proxy (DP), prosljeđuje podatke do odgovarajućeg DT-a i LMC-a, DT se seli po potrebi na različite edge čvorove





Drugi primjer primjene: kognitivni IoT

- Usluge i aplikacije IoT trebale bi olakšati interakciju ljudi s okolinom umanjujući invazivnost tehnologije te služiti ljudskim potrebama u svakodnevnim zadacima, uz mogućnost istovremenog učenja uzoraka ljudskog ponašanja.
- Kognitivni IoT uvodi kognitivne sposobnosti koje se sastoje od tzv. ciklusa "percepcije i djelovanja" (engl. perception-action cycle), memorije, pažnje, inteligencije i jezika te stvara konvencionalni radni okvir IoT s ciljem omogućavanja interaktivnih usluga





Literatura

- OpenFog Reference Architecture for Fog Computing, <u>https://www.iiconsortium.org/pdf/OpenFog Reference Architecture 2 09 17.pdf</u>
- M. Antonini, M. Vecchio and F. Antonelli, "Fog Computing Architectures: A Reference for Practitioners," in *IEEE Internet of Things Magazine*, vol. 2, no. 3, pp. 19-25, September 2019
- S. Feng, P. Setoodeh and S. Haykin, "Smart Home: Cognitive Interactive People-Centric Internet of Things," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 2, pp. 34-39, February 2017
- J. Ploennigs, A. Ba and M. Barry, "Materializing the Promises of Cognitive IoT: How Cognitive Buildings Are Shaping the Way," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 4, pp. 2367-2374, Aug. 2018

